

郎秋玲, 张以晨, 张继权, 等. 基于组合赋权理论的泥石流孕灾因子分析[J]. 灾害学, 2019, 34(1): 68–72. [GUO Tengjiao, LI Guosheng. Research progress on economic loss preevaluation of storm surge disaster[J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(1): 68–72. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2019.01.014.]

## 基于组合赋权理论的泥石流孕灾因子分析<sup>\*</sup>

郎秋玲<sup>1,2</sup>, 张以晨<sup>3</sup>, 张继权<sup>2</sup>, 杨 扬<sup>1</sup>

(1. 长春工程学院, 吉林 长春 130021; 2. 东北师范大学 环境学院, 吉林 长春 130024;  
3. 吉林省地质环境监测总站, 吉林 长春 130024)

**摘 要:** 针对地质灾害易发性评价指标识别与构建的问题, 以准确获取吉林省泥石流孕灾因子权重系数为目标, 采用“3S”技术获取大量数据为基础, 选取对吉林省泥石流易发性有显著影响的地貌、坡度、地势高程等7个孕灾因子, 首次将偏好比率法与粗糙集理论组合赋权并优化, 分析吉林省泥石流孕灾因子权重, 并将分析结果与以往所采用的方法所取得的权重结果进行对比, 结果表明: 坡度、植被覆盖率、地势高程、人口密集度因素对吉林省泥石流发育影响较显著, 与以往方法相比, 植被覆盖率对吉林省泥石流易发性的影响显著提高, 岩组的影响显著降低, 在 ARCGIS 平台下开展评价, 证明该方法取得结果与实地灾情较好吻合。研究成果对地质灾害风险评价及防灾减灾具有重要参考价值。

**关键词:** 泥石流; 孕灾因子; 组合赋权; ARCGIS

**中图分类号:** X43; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2019)01–0068–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2019.01.014

泥石流是一种复杂的地质灾害, 爆发突然, 来势凶猛, 危害巨大。长期以来, 国内外对泥石流的研究经历了从定性到定量分析的发展过程, 其中权重分析对其易发性评价结果起着重要作用, 而层次分析、粗糙集理论、灰色关联度模型、神经网络、回归分析模型等在泥石流灾害权重分析中均得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>。如刘涛等<sup>[2]</sup>, 采用层次分析法对北京密云县历史活动及潜在泥石流指标量化, 进而分析危险度, 温智虹等<sup>[3]</sup>采用层次分析法计算长白山火山泥石流分布影响因素的权重值, 李炫等<sup>[4]</sup>采用层次分析法计算西藏30条冰川泥石流沟影响因素权重系数, 将其引入到WKF-CM聚类算法判定泥石流危险性。层次分析法虽可使问题简化、层次化, 但仅采用此客观分析法可因原始资料缺乏, 选取因子较少影响评价精度。粗糙集是解决不确定和模糊问题的一种工具, 从给定问题的描述集合入手, 分析其内在规律, 当描述集合数据较少时, 其精度也随之降低。王禹萌等<sup>[5]</sup>基于粗糙集理论针对长白山火山泥石流选取5个因子进行重要性分析, 但因样本数据相对较少,

而评价过程中客观因素所占比例较大, 降低了其准确性; 向灵芝等<sup>[6]</sup>利用灾害熵计算汶川震后道路泥石流各个因子的权重, 分析研究区泥石流敏感性。现今, 随着GIS手段的不断发展, 越来越多学者将GIS应用到泥石流灾害分析评价中, 且取得了较好的效果。如苏凤环等<sup>[7]</sup>在利用层次分析法获取汶川县泥石流影响因子权重基础上, 利用GIS分析其敏感性; 潘赞等<sup>[8]</sup>利用GIS对辽宁省岫岩县泥石流灾害危险性进行区划; 张具琴等<sup>[9]</sup>利用“3S”技术结合层次分析法确定汶川县泥石流各因子权重系数。通过现今对泥石流孕灾因子权重分析方法及所取得的成果可以看出, 这些方法往往是基于样本数据的客观分析, 而忽略了基于野外调查的主观权重判断的重要性, 其判定结果与实地灾情存在一定误差。因此分析不同区域泥石流成灾特点, 准确判定孕灾因子, 在此基础上选取合理、适宜的权重判定方法确定权重大小是泥石流危险性评价、机理分析及风险评价的重要前提。

吉林省东南部地区以山区为主, 每年地质灾

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2018–05–11 修回日期: 2018–07–05

基金项目: 吉林省重大科技攻关项目(20170204035SF); 吉林省重点科技研发项目(20180201033SF); 国家自然科学基金项目(41505146)

第一作者简介: 郎秋玲(1980–), 女, 山东茌平人, 讲师, 博士, 主要从事地质灾害。E-mail: 115588091@qq.com

通讯作者: 张继权(1965–), 男, 吉林长春人, 教授, 博士生导师, 主要从事自然灾害风险评价、管理。

E-mail: Zhangjq022@nenu.edu.cn

害发生频率较高,尤其是泥石流灾害,给当地的经济造成了较大的损失,制约了其经济发展。吉林省根据其泥石流成灾特点,开展了1:5万县(市)地质灾害调查与区划工作,本文就是在此基础上,对吉林省泥石流地质灾害的地质环境进行研究,利用“3S”技术获取数据,提取泥石流影响因素,利用TM影像图、DEM数字等高线图、地质图等数据将其在ARCGIS中矢量化,分析及筛选影响泥石流灾害的主要孕灾因子。首次提出将主观判断的偏好比率法与客观分析的粗糙集理论进行优化组合,避免了以往客观分析法中样本数据不足而影响结果精度,并应用到吉林省泥石流孕灾因子的权重分析中,将结果与其他方法所取得的权重值进行对比,在ARCGIS平台下归纳灾害点、植被覆盖率、岩组图层中的单元集,分析吉林省泥石流灾害点发育个数与植被覆盖率及岩组的相互关系,进而分析差异性,其研究成果对完善吉林省地区泥石流风险区划有着重要参考价值,同时对长白山火山崩滑流灾害风险评价、其它地区地质灾害孕灾因子权重获取、风险区划、防灾减灾工作有着重要意义。

## 1 研究区地质条件概况

吉林省位于中国东北地区中部,处于日本、俄罗斯、韩国、朝鲜与中国东北部组成的东北亚腹地地带。东南高,西北低,地貌类型主要为东部低山丘陵、长白山中山低山等15个单元。其中西部主要为中高山地区,坡度可达 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ,而东部主要为中低山地区。气候特点是:春季干旱、夏季炎热多雨,6-9月降水量较多,对吉林省泥石流出现的汛期分析发现,25%的泥石流均发生在暴雨当天,且为持续集中的降雨型。岩组类型较多,土体及软质岩石主要分布在平原区,极硬岩及硬质岩石主要为中厚层火山喷发而沉积形成的碎屑岩组及中厚至薄层的砂砾岩组,山区分布较多,地形坡度相对陡峭。植被覆盖率较高,林业

面积居全国第12位,其中东部区主要为森林区域。而近代由于人类活动加强、植被破坏、风化加强,对地质环境破坏较显著,其中对于一些不合理的开挖边坡,矿山建设,废弃土体的不当堆砌等均是诱发崩塌、滑坡的主要原因,为泥石流提供丰富的物源,植被的破坏也加大了水源的汇集。

吉林省泥石流共发育有1407条,如表1所列,主要为暴雨诱发,较多为沟谷型泥石流,规模以小型群发为主,其具有重度大、流速快、破坏力强的特点。主要分布在松花江、鸭绿江等流域。其中典型的泥石流如大砬子沟泥石流其坡度 $25^{\circ}$ ,坡降80‰,沟长约2000m,流域面积 $4.5\text{ km}^2$ ,堆积物厚度可达2m左右,由块石、碎石组成,是沟谷型泥石流;长青村泥石流坡度在 $25^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 左右,坡降大于200‰,流域面积 $1\text{ km}^2$ 左右,相对高差50~100m,冲沟横断面形态呈“V”型,为沟谷型稀性泥石流,2010年突然爆发导致2人死亡;瀑布东泥石流其坡度 $40^{\circ}$ ,坡降300‰,沟长约500m,流域面积 $0.1\text{ km}^2$ ,堆积物为2000 $\text{ m}^3$ ,由块石、碎石组成,是坡面型泥石流,严重威胁下游聚龙泉旅游点。

## 2 基于组合赋权法的孕灾因子重要度分析

泥石流易发性分区评价对泥石流灾害危险性分析、风险分析及防灾减灾工作有着重要意义,其孕灾因子选取及权重分析结果直接影响着泥石流易发性评价的精度,科学、合理的分析结果可有效进行风险分区与评价,进而避免各种工程与非工程减灾措施实施过程中的盲目性,为防患于未然和减轻泥石流灾害对当地的影响提供可靠的依据<sup>[10]</sup>。

通过对吉林省泥石流点与各孕灾因子关系的统计分析如图1所示(其它图略),选取与吉林省泥石流发育有较显著影响的地貌、坡度、地势高程、岩组、年平均降水量、人口密集度、植被覆盖率7个孕灾因子进行权重分析。

表1 吉林省泥石流灾害统计表

区域	数量(比例/%)				合计	面积/ $\text{km}^2$	密度/(处/ $\text{km}^2$ )
	特大	大型	中型	小型			
通化市	0(0.00)	2(0.99)	19(9.41)	181(89.60)	202	15698	1.29
白山市	0(0.00)	0(0.00)	5(2.25)	217(97.75)	222	17485	1.27
延吉市	3(0.73)	0(0.00)	10(2.44)	396(96.82)	409	43475	0.94
吉林市	0(0.00)	9(1.99)	57(12.61)	386(85.40)	452	27722	1.63
辽源市	0	0	0	4(100)	4	5125	0.08
长春市	0	0	0	5(100)	5	20532	0.02
四平市	0	0	0	10(100)	10	14356	0.07
其它	0	0	0	103(100)	99	25745	0.38
总计	3(0.23)	11(0.78)	91(6.46)	1302(92.53)	1407	170135	0.83

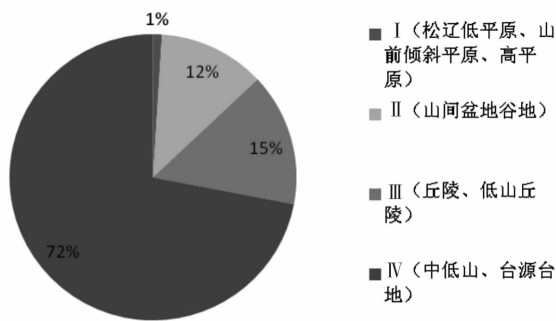


图1 吉林省泥石流点与地貌因素关系

## 2.1 偏好比率法

偏好比率法是对孕灾因子主观判定重要程度的方法，其原理是对所有因子两两比较，确定因子对评价结果实际贡献率。

已知孕灾因子个数为  $n$ ，则孕灾因子集合为  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 。将各孕灾因子采用上述统计分析进行主观排序，两两比较得出比率标度值  $a_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ )，建立如下方程组：

$$\begin{cases} a_{11}p_1 + a_{12}p_2 + \dots + a_{1n}p_n = np_1; \\ a_{22}p_2 + a_{23}p_3 + \dots + a_{2n}p_n = (n-1)p_2; \\ \vdots \\ a_{n-1,n-1}p_{n-1} + a_{n-1,n}p_n = 2p_{n-1}; \\ p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1. \end{cases} \quad (1)$$

式中： $p_j$  为所求的权重， $0 \leq p_j \leq 1$ ， $j = 1, 2, \dots, n$ 。

结合吉林省泥石流野外调查及灾害特点，主观判定各孕灾因子的重要度后，采用偏好比率法，对各评价指标间有如下偏好判断。

$a_{12} = 4$ ， $a_{13} = 5$ ， $a_{14} = 4.5$ ， $a_{15} = 3.5$ ， $a_{16} = 2$ ， $a_{17} = 3$ ， $a_{23} = 2$ ， $a_{24} = 1.5$ ， $a_{25} = 1/1.5$ ， $a_{26} = 1/3$ ， $a_{27} = 1/2$ ， $a_{34} = 1/1.5$ ， $a_{35} = 1/2.5$ ， $a_{36} = 1/4$ ， $a_{37} = 1/3$ ， $a_{45} = 1/2$ ， $a_{46} = 1/3.5$ ， $a_{47} = 1/2.5$ ， $a_{56} = 1/2.5$ ， $a_{57} = 1/1.5$ ， $a_{67} = 2$ 。

表2 偏好比率法计算孕灾因子权重系数结果

孕灾因子	坡度 $p_1$	地势高程 $p_2$	地貌 $p_3$	岩组 $p_4$	人口密度 $p_5$	植被覆盖率 $p_6$	年平均降水量 $p_7$
权重系数	0.3357	0.0764	0.0499	0.0414	0.0974	0.2661	0.1331

表3 部分泥石流孕灾因子原始数据

泥石流点号	坡度/%	地势高程/m	地貌	岩组	人口密度/(人/km <sup>2</sup> )	植被覆盖率/%	年平均降水量/mm
1	60.5	331	低山丘陵	岩浆岩	60	40	600
2	53.8	314	低山丘陵	片麻岩	60	35	600
3	56.2	322	山间盆地谷地	碳酸盐岩	小于10	35	700
4	69.2	315	山间盆地谷地	岩浆岩	小于10	30	700
5	83.3	364	中低山	碳酸盐岩	60	30	700
6	85.7	402	低山丘陵	岩浆岩	小于10	35	700

表4 粗糙集理论计算孕灾因子权重系数结果

孕灾因子	坡度 $p_1$	地势高程 $p_2$	地貌 $p_3$	岩组 $p_4$	人口密度 $p_5$	植被覆盖率 $p_6$	年平均降水量 $p_7$
权重系数	0.2761	0.2213	0.0572	0.0769	0.1571	0.1552	0.0632

根据式(1)得出偏好比率法各孕灾因子权重系数如表2所列。

## 2.2 粗糙集理论法

粗糙集理论于1982年由波兰科学家 Z. Pawla 创立，该方法为解决高度非线性、不确定性及模糊性问题的一种有效方法，该方法建立相应的决策信息表，设置决策属性及条件属性，对待解决问题的各个影响因子分类，进而对其冗余的因子进行约简<sup>[11]</sup>。

### 2.2.1 建立关系数据模型

将吉林省泥石流灾害的各个孕灾因子  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  设为条件属性，将泥石流灾害点密度  $D$  设为决策属性，所有泥石流点  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  组成样本集合。

### 2.2.2 属性值特征化

对影响泥石流易发程度的孕灾因子进行等级的划分，将其分为若干属性值，将属性值特征化后即可建立知识系统。

### 2.2.3 条件属性对决策属性重要性分析

分别计算  $D$  对  $C$  的依赖度  $K$ ， $D$  对  $C - C_j$  的依赖度  $\gamma_{C-C_j}(D)$  及第  $j$  个孕灾因子的重要性  $\sigma_{CD}(C_j)$ ，进而计算其权重系数为<sup>[12-13]</sup>：

$$q_j = \frac{\sigma_{CD}(C_j)}{\sum_{j=1}^n \sigma_{CD}(C_j)}, (j = 1, 2, \dots, n). \quad (2)$$

在 ARCGIS 中生成灾害点密度分布图，在 Arc-Toolbox 中利用其子模块将 DEM 生成坡度图，进而在 ARCGIS 平台中对各图层中的单元集分析、归类，利用计算程序对各孕灾因子进行重要度计算机约简，计算各孕灾因子的权重系数  $q_j$ ，部分泥石流孕灾因子原始数据及计算得出结果如表3、表4所列。

## 2.3 组合赋权模型的建立

已知  $m$  个评价对象， $n$  个孕灾因子，其组合权重系数为  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ ，则

$$\omega_j = x_1 p_j + x_2 q_j, (j = 1, 2, \dots, n). \quad (3)$$

将其优化得<sup>[14]</sup>

$$\begin{cases} \max F(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^m (\sum_{j=1}^n c_{ij} \omega_j)^2 = \\ \sum_{i=1}^m (\sum_{j=1}^n (x_1 p_j + x_2 q_j) c_{ij})^2, \\ x_1, x_2 \geq 0, x_1^2 + x_2^2 = 1. \end{cases} \quad (4)$$

式中:  $x_1, x_2$  为组合权系数向量的线性表示系数;

$(\sum_{j=1}^n (x_1 p_j + x_2 q_j) c_{ij})^2$  为综合评价值, 其值越分散, 被评价对象间差异越显著。

将其解  $x'_1, x'_2$  归一化处理, 其得出偏好系数

$$x''_1 = \frac{x'_1}{x'_1 + x'_2}, x''_2 = \frac{x'_2}{x'_1 + x'_2}. \quad (5)$$

则组合赋权模型为

$$\omega_j = x''_1 p_j + x''_2 q_j. \quad (6)$$

经计算, 得出

$$x''_1 = 0.548, x''_2 = 0.452. \quad (7)$$

因此, 最终得出组合赋权的权重系数为:

$$\omega = (0.307, 0.142, 0.053, 0.0057, 0.124, 0.215, 0.102)^T. \quad (8)$$

对吉林省泥石流孕灾因子重要度利用偏好比率—粗糙集理论组合赋权法进行分析, 需对野外地质灾害进行详尽调查, 掌握吉林省泥石流发育特征, 进而可准确进行排序。此外, 应掌握大量研究区泥石流灾害数据作为样本数据, 即获得准确可靠  $C, D$  集合, 提高权重系数计算精度。经计算权重系数后, 可得出: 吉林省泥石流孕灾因子影响程度由大到小为坡度 > 植被覆盖率 > 地势高程 > 人口密度 > 年平均降水量 > 地貌 > 岩组, 其中坡度、植被覆盖率、地势高程、人口密度等因子对吉林省泥石流易发程度影响较大。

### 3 结果分析

对吉林省泥石流易发性有显著影响的孕灾因子采用组合赋权理论所取得的权重系数结果与以往客观分析方法取得的结果进行对比分析(坡度 > 地势高程 > 人口密度 > 植被覆盖率 > 岩组 > 年平均降水量 > 地貌)<sup>[15]</sup>, 植被覆盖率对吉林省泥石流易发性的影响显著提高, 岩组的影响显著性降低。文中在 Mpagis 中将植被覆盖率、岩组地质图纸矢量化, 在图形处理模块中利用转换功能将矢量化的数据转为 shape 文件后导入到 ARCGIS 平台, 并转换为  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  栅格数据。在 ARCGIS 平台下归纳、分析灾害点、植被覆盖率、岩组图层中的单元集, 分析吉林省泥石流灾害点发育个数与植被覆盖率及岩组的相互关系(图 2、图 3), 进而分析其原因。

植被覆盖率较少, 岩体相对裸露, 有利于风化形成丰富松散的物源条件, 并且有利于水源的汇集而为泥石流发生提供动力条件。吉林省植被覆盖率较高, 林业面积居全国第 12 位, 其中东部区主要为森林区域。而近代由于人类活动加强、植被破坏、风化加强, 进而为泥石流的发育提供了物源条件。

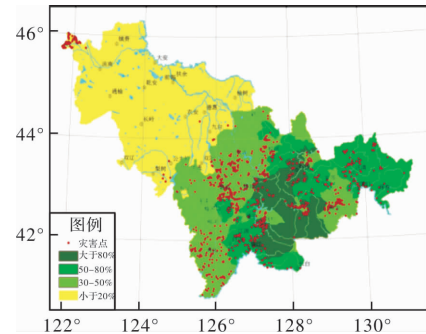


图 2 吉林省泥石流点及植被覆盖率分布

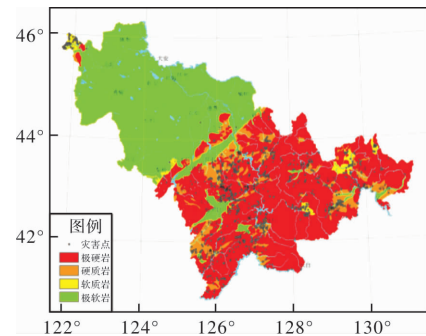


图 3 吉林省泥石流点及岩组分布

吉林省植被覆盖率在 20% ~ 50% 区域泥石流最发育, 共 481 条。植被覆盖率大于 50% 区域泥石流发育程度降低, 共 325 条, 植被覆盖率小于 20% 区域因地处平原区, 因此泥石流相对较少。由此可见, 植被覆盖率对泥石流发育有着较为重要影响, 其影响显著性大于地势高程及人口密度。

岩组是泥石流的物质来源之一, 其松散碎裂及岩石本身的抗风化性能影响着物源的丰富程度<sup>[6]</sup>。吉林省岩组类型较多, 通过分析 ARCGIS 所得到的吉林省泥石流点及岩组相互关系可见, 土体及软质岩石主要分布在平原区, 地形地貌条件不利于泥石流的发育, 因此泥石流相对较少。吉林省极硬岩及硬质岩石主要为中厚层火山喷发而沉积形成的碎屑岩组及中厚至薄层的砂砾岩组, 其因地形坡度相对陡峭, 泥石流分布相对较多, 岩组与泥石流发育点数量相关性不显著, 因此岩组对吉林省泥石流的易发性影响小于年平均降水量及地貌因子。

上述结论与实地灾情更加吻合, 避免了层次分析法、模糊数学法、粗糙集理论等方法在地质灾害权重分析中过多采用客观评价而忽略了主观判断重要性的弊端, 结果更加科学、合理。

### 4 结论

文中在吉林省 1:5 万地质灾害调查的基础上, 根据吉林省泥石流的发育特点, 选取了影响吉林省泥石流易发性的坡度、地势高程、年平均降水量等 7 个孕灾因子, 采用偏好比率—粗糙集理论组合优化, 分析各孕灾因子权重的大小, 并将所取得的权重系数与其它方法取得的结果对比分析,

得出以下结论:

(1) 吉林省泥石流孕灾因子影响程度由大到小为坡度 > 植被覆盖率 > 地势高程 > 人口密度 > 年平均降水量 > 地貌 > 岩组。

(2) 与其它方法取得权重系数结果主要区别为: 植被覆盖率对吉林省泥石流易发性的影响显著提高, 岩组的影响显著性降低。

(3) 在 ARCGIS 平台下分析植被覆盖率与岩组因子权重大小变化的原因后, 认为该组合赋权方法在泥石流孕灾因子权重分析中所得出的结论与实地灾情更加吻合, 该方法即考虑了主观因素定性分析重要性, 又结合了客观分析方法的定量评价, 使结果更加科学、合理。

文中采用组合赋权法得到的泥石流孕灾因子权重值将进一步完善吉林省泥石流风险区划, 所采用的组合赋权法可结合承灾体暴露性、脆弱性及防灾减灾能力因子应用于长白山地区火山崩滑流灾害的风险评价、预警中, 且可拓展应用到其它地区地质灾害易发性分区评价中, 对地质灾害风险分析、减灾防灾的准确评价及保证公共安全具有重要意义。

## 参考文献:

- [1] 屈飞行, 汤明高, 王自高, 等. 地质灾害危险性区划中不同权重计算方法的对比分析[J]. 水利水电技术, 2016, 47(11): 136-140.
- [2] 刘涛, 张洪江, 吴敬东, 等. 层次分析法在泥石流危险度评价中的应用——以北京市密云县为例[J]. 水土保持通报, 2008, 28(5): 6-12.
- [3] 温智虹, 万鲁河, 盛俭. 长白山火山泥石流分布影响因子权重分析[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 64-67.
- [4] 李炫, 范建容, 张建强. 基于权重的 WKFCM 聚类算法在泥石流评价中的应用[J]. 灾害学, 2015, 30(3): 214-218.
- [5] 王禹萌, 邹春红, 吕晗. 基于粗糙集理论的长白山火山泥石流影响因子权重分析[C]// 中国地震学会第 14 次学术大会. 2012: 28-32.
- [6] 向灵芝, 崔鹏, 陈洪凯, 等. 基于灾害熵的汶川震后道路泥石流敏感性分析[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2017, 36(5): 71-78.
- [7] 苏凤环, 崔鹏, 张建强, 等. 基于 GIS 的泥石流敏感性研究——以汶川县为例[C]// 中国地理学会 2009 百年庆学术大会. 2009.
- [8] 潘赞, 丛威青, 潘懋. 基于 GIS 的辽宁省岫岩县泥石流灾害危险性区划研究[J]. 北京大学学报(网络版: 预印本), 2010, 46(4): 601-606.
- [9] 张具琴, 李少达, 杨武年, 等. 基于 3S 技术的泥石流影响因子权重分析[J]. 地理空间信息, 2016, 14(3): 70-72.
- [10] 沈简, 饶军, 傅旭东. 基于模糊综合评价法的泥石流风险评价[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 171-175.
- [11] 付光远. 基于属性相容度和重要度的粗糙集属性约简混合算法研究[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(19): 5679-5682.
- [12] 刘彦花, 叶国华. 基于粗糙集与 GIS 的滑坡地质灾害风险评估——以广西梧州为例[J]. 灾害学, 2015(2): 108-114.
- [13] 张以晨, 仵磊, 孟凡奇, 等. 基于最优组合赋权理论的可拓学评价模型的应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 41(4): 1110-1115.
- [14] 张以晨, 仵磊, 孟凡奇, 等. 基于最优组合赋权理论的可拓学评价模型的应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 41(4): 1110-1115.
- [15] 马强. 吉林省泥石流灾害易发性分析与评价[D]. 长春, 吉林大学, 2015.

## Analysis of Debris Flow Hazard Factors Based on Combination Weighting Theory

LANG Qiuling<sup>1,2</sup>, ZHANG Yichen<sup>3</sup>, ZHANG Jiquan<sup>2</sup> and YANG Yang<sup>1</sup>

(1. Changchun Institute of Technology, Changchun 130021, China; 2. School of Environment, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 3. Jilin institute of Geological Environment Monitoring, Changchun 130021, China)

**Abstract:** Based on the problem of identification and construction of geological hazard susceptibility evaluation index, aiming at accurately obtaining the weight coefficients of mud-rock flow disaster-prone factors in Jilin Province, 7 disaster-prone factors, such as landform, slope and topographic elevation, were selected for the first time by using “3S” technology to obtain a large number of data. The weights of debris flow disaster pregnant factors in Jilin Province were analyzed by combining preference ratio method with rough set theory. The results were compared with the weights obtained by previous methods. The results showed that slope, vegetation coverage, topographic elevation and population density affected the debris flow development in Jilin Province. Compared with the previous methods, vegetation coverage has a significant impact on the susceptibility of debris flow in Jilin Province, and the impact of rock formations has been significantly reduced. The research results have important reference value for geological disaster risk assessment and disaster prevention and mitigation.

**Key words:** debris flow; disaster risk factors; combination weighting; ARCGIS